

Docket No.: 50212-191

**PATENT**

1c971 U.S. PTO  
09/781564  
02/13/01

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of :  
Toshiaki OKUNO, et al. :  
Serial No.: : Group Art Unit:  
Filed: February 13, 2001 : Examiner:  
For: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM AND METHOD

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:  
Japanese Patent Application No. 2000-035208,  
filed February 14, 2000

A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Arthur J. Steiner

Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:klm  
**Date: February 13, 2001**  
Facsimile: (202) 756-8087

日本国特許庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

McDermott, Will & Emery

50212-191

FEBRUARY 13, 2001

OKUNO et al.

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.



出願年月日

Date of Application:

2000年 2月14日

出願番号

Application Number:

特願2000-035208

出願人

Applicant(s):

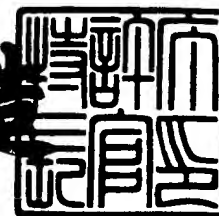
住友電気工業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 1月 5日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3109316

【書類名】 特許願

【整理番号】 099Y0350

【提出日】 平成12年 2月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/20  
G02B 6/00

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会  
社 横浜製作所内

    【氏名】 奥野 俊明

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会  
社 横浜製作所内

    【氏名】 西村 正幸

【特許出願人】

    【識別番号】 000002130

    【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100088155

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

    【識別番号】 100089978

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

    【識別番号】 100092657

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908938

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送システム及び光伝送方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光が伝送される光伝送路と、

前記光伝送路上に設置され、その雑音指数が波長依存性を有する光増幅器と、

前記光増幅器の入力端側に接続された前記光伝送路上に設置された複数の信号合波部とを備え、

隣り合う 2 つの前記信号合波部において、信号光伝搬方向の上流側にある前記信号合波部で合波される信号光の 1 つは、信号光伝搬方向の下流側にある前記信号合波部で合波される信号光に対して、前記雑音指数が低い信号波長に常に設定されていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 2】 所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光が伝送される光伝送路と、

前記光伝送路上に設置され、その雑音指数がそれぞれ波長依存性を有する複数の光増幅器と、

前記複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の下流側に設置された受信局と、

前記複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の上流側に設置された第 1 の信号合波部と、

前記複数の光増幅器の間に設置された第 2 の信号合波部とを備え、

第 1 の信号波長を有する第 1 の信号光は、前記第 1 の信号合波部で合波される信号光の 1 つであるとともに、前記受信局で受信され、

第 2 の信号波長を有する第 2 の信号光は、前記第 2 の信号合波部で合波される信号光であるとともに、前記受信局で受信され、

前記第 1 の信号合波部と前記受信局との間の前記雑音指数が、前記第 2 の信号波長よりも前記第 1 の信号波長で低くなるように、前記第 1 の信号波長が設定されていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 3】 所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光が伝送される光伝送路と、

前記光伝送路上に設置され、その雑音指数がそれぞれ波長依存性を有する複数の光増幅器と、

前記複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の下流側に設置された受信局と、

前記複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の上流側に設置された第1の信号合波部と、

前記複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の上流側、かつ前記第1の信号合波部に対して信号光伝搬方向の下流側に設置された第2の信号合波部とを備え、

第1の信号波長を有する第1の信号光は、前記第1の信号合波部で合波される信号光の1つであるとともに、前記受信局で受信され、

第2の信号波長を有する第2の信号光は、前記第2の信号合波部で合波される信号光であるとともに、前記受信局で受信され、

前記第1の信号合波部と前記受信局との間の前記雑音指数が、前記第2の信号波長よりも前記第1の信号波長で低くなるように、前記第1の信号波長が設定されていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項4】 前記信号合波部は、光ADMを含むことを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載の光伝送システム。

【請求項5】 前記信号合波部は、WDMカプラを含むことを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載の光伝送システム。

【請求項6】 前記光増幅器は、Er添加ファイバ増幅器であることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載の光伝送システム。

【請求項7】 それぞれの前記信号合波部において合波される信号光の前記信号波長を、前記雑音指数に基づいて自動設定する信号波長設定手段を備えることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載の光伝送システム。

【請求項8】 所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光が伝送される光伝送路と、

前記光伝送路上に設置され、その雑音指数が波長依存性を有する光増幅器と、

前記光増幅器の入力端側に接続された前記光伝送路上に設置された複数の信号合波部とを備え、

隣り合う2つの前記信号合波部において、信号光伝搬方向の上流側にある前記

信号合波部で合波される信号光の1つとして、信号光伝搬方向の下流側にある前記信号合波部で合波される信号光に対して、前記雑音指数が低い信号波長の信号光を常に変更して割り当てることを特徴とする光伝送方法。

【請求項9】 所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光が伝送される光伝送路と、

前記光伝送路上に設置され、その雑音指数がそれぞれ波長依存性を有する複数の光増幅器と、

前記複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の下流側に設置された受信局と、  
前記複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の上流側に設置された第1の信号合波部と、

前記複数の光増幅器の間に設置された第2の信号合波部とを備え、

第1の信号波長を有する第1の信号光は、前記第1の信号合波部で合波される信号光の1つであるとともに、前記受信局で受信され、

第2の信号波長を有する第2の信号光は、前記第2の信号合波部で合波される信号光であるとともに、前記受信局で受信され、

前記第1の信号合波部と前記受信局との間の前記雑音指数が、前記第2の信号波長よりも前記第1の信号波長で低くなるように、前記第1の信号光を選択して割り当てることを特徴とする光伝送方法。

【請求項10】 所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光が伝送される光伝送路と、

前記光伝送路上に設置され、その雑音指数がそれぞれ波長依存性を有する複数の光増幅器と、

前記複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の下流側に設置された受信局と、  
前記複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の上流側に設置された第1の信号合波部と、

前記複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の上流側、かつ前記第1の信号合波部に対して信号光伝搬方向の下流側に設置された第2の信号合波部とを備え、

第1の信号波長を有する第1の信号光は、前記第1の信号合波部で合波される信号光の1つであるとともに、前記受信局で受信され、

第 2 の信号波長を有する第 2 の信号光は、前記第 2 の信号合波部で合波される信号光であるとともに、前記受信局で受信され、

前記第 1 の信号合波部と前記受信局との間の前記雑音指数が、前記第 2 の信号波長よりも前記第 1 の信号波長で低くなるように、前記第 1 の信号光を選択して割り当てることを特徴とする光伝送方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、光増幅器を有し、多波長信号光を伝送する波長多重の光伝送システムに関するものである。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

高度情報化社会の到来による社会的ニーズから、光ファイバ伝送路網を利用した画像通信などの大容量高速通信や、国際通信などの長距離通信に関する研究開発が盛んに行われている。ここで、波長多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）伝送システムは、光ファイバ線路に多波長の信号光（波長の異なる複数の信号光）を伝送させることにより高速・大容量の光通信を行うものであって、近年のインターネット等による通信需要の急増などに対応するものとして開発と導入が進められている。

##### 【0003】

このような波長多重伝送システムにおいては、長距離にわたる多波長信号光の伝送の際に受ける伝送損失を補うため、E r（エルビウム）添加ファイバ増幅器（E D F A：Erbium-Doped Fiber Amplifier）などの光増幅器が用いられる。光増幅器とは、上記した E r や P r、N d などの希土類元素が添加された石英系の光導波路（例えば E r 添加光ファイバ、E D F：Erbium-Doped Fiber）に所定波長の励起光を供給し、この光導波路に入力した信号光を光増幅して、その光増幅された信号光を出力するものである。また、半導体光増幅器なども光増幅器として用いられる。

##### 【0004】



## 【発明が解決しようとする課題】

波長多重の光伝送システムとして、波長の異なる複数の信号光を、それぞれ信号合波部または信号分岐部において順次合波または分岐しつつ同一の光伝送路で伝送していくマルチドロップシステムがある。従来のマルチドロップ方式の光伝送システム及び光伝送方法としては、例えば、特開平 7-177097 号公報、及び特開平 7-231300 号公報に示されているものがある。

## 【0005】

このようなマルチドロップ方式の波長多重伝送システムの光伝送路上に光増幅器を設置した場合、光増幅器の入力側に接続された光伝送路には、複数の信号合波部が設置され、それぞれの信号合波部で合波された波長の異なる信号光を含む多波長信号光が光増幅器で増幅される。このとき、光伝送による信号光の減衰は伝送距離に依存するが、それぞれの信号合波部で合波された信号光が光増幅器に入力されるまでに伝送される伝送距離は、それぞれの信号合波部の設置位置によって異なる。そのため、光増幅器の出力における信号光の  $S/N$  比が各信号光でばらついてしまうという問題を生じる。

## 【0006】

本発明は、以上の問題点に鑑みてなされたものであり、光伝送路上の光増幅器で増幅された多波長信号光の信号光間での  $S/N$  比のばらつきが低減される光伝送システム及び光伝送方法を提供することを目的とする。

## 【0007】

## 【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために、本発明による光伝送システムは、(1) 所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光が伝送される光伝送路と、(2) 光伝送路上に設置され、その雑音指数が波長依存性を有する光増幅器と、(3) 光増幅器の入力端側に接続された光伝送路上に設置された複数の信号合波部とを備え、(4) 隣り合う 2 つの信号合波部において、信号光伝搬方向の上流側にある信号合波部で合波される信号光の 1 つは、信号光伝搬方向の下流側にある信号合波部で合波される信号光に対して、雑音指数が低い信号波長に常に設定されていることを特徴とする。

## 【0008】

また、本発明による光伝送方法は、（１）所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光が伝送される光伝送路と、（２）光伝送路上に設置され、その雑音指数が波長依存性を有する光増幅器と、（３）光増幅器の入力端側に接続された光伝送路上に設置された複数の信号合波部とを備え、（４）隣り合う２つの信号合波部において、信号光伝搬方向の上流側にある信号合波部で合波される信号光の１つとして、信号光伝搬方向の下流側にある信号合波部で合波される信号光に対して、雑音指数が低い信号波長の信号光を常を選択して割り当てることを特徴とする。

## 【0009】

本願発明者は、光伝送システムに適用されるEDFAなどの光増幅器の雑音指数（NF：Noise Figure）が波長依存性を有することに着目し、この波長依存性と伝送距離との相関によって、S/N比のばらつきを低減することが可能であることを見出した。すなわち、信号合波部が光増幅器から遠くなるほど、伝送損失によって光増幅器に入力される信号光パワーは低下する。それに対応して、上記した光伝送システム及び光伝送方法では、それぞれの信号合波部で合波される波長の異なる信号光の信号波長を、光増幅器から遠くなる（上流側になる）ほど雑音指数が低い信号波長となるように設定している。

## 【0010】

このとき、入力信号光パワーが小さい信号光の信号波長では、発生する雑音光も同様に小さくなる。したがって、光伝送システムのシステム構成や光増幅器の装置構成を複雑化することなく、各信号光間でのS/N比のばらつきを低コストで簡易に低減することが可能となる。

## 【0011】

あるいは、本発明による光伝送システム（光伝送方法）は、（１）所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光が伝送される光伝送路と、（２）光伝送路上に設置され、その雑音指数がそれぞれ波長依存性を有する複数の光増幅器と、（３）複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の下流側に設置された受信局と、（４）複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の上流側に設置された第１の

信号合波部と、（５）複数の光増幅器の間に設置された第２の信号合波部とを備え、（６）第１の信号波長を有する第１の信号光は、第１の信号合波部で合波される信号光の１つであるとともに、受信局で受信され、（７）第２の信号波長を有する第２の信号光は、第２の信号合波部で合波される信号光であるとともに、受信局で受信され、（８）第１の信号合波部と受信局との間の雑音指数が、第２の信号波長よりも第１の信号波長で低くなるように、第１の信号波長が設定されている（第１の信号光を選択して割り当てる）ことを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

また、（１）所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光が伝送される光伝送路と、（２）光伝送路上に設置され、その雑音指数がそれぞれ波長依存性を有する複数の光増幅器と、（３）複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の下流側に設置された受信局と、（４）複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の上流側に設置された第１の信号合波部と、（５）複数の光増幅器に対して信号光伝搬方向の上流側、かつ第１の信号合波部に対して信号光伝搬方向の下流側に設置された第２の信号合波部とを備え、（６）第１の信号波長を有する第１の信号光は、第１の信号合波部で合波される信号光の１つであるとともに、受信局で受信され、（７）第２の信号波長を有する第２の信号光は、第２の信号合波部で合波される信号光であるとともに、受信局で受信され、（８）第１の信号合波部と受信局との間の雑音指数が、第２の信号波長よりも第１の信号波長で低くなるように、第１の信号波長が設定されている（第１の信号光を選択して割り当てる）ことを特徴とする。

## 【 0 0 1 3 】

合波された信号光が受信される受信局と信号合波部との間に複数の光増幅器がある場合においても、雑音指数の波長依存性、及び受信局までの伝送距離との相関を利用することによって、同様に  $S/N$  比のばらつきの低減を実現することが可能である。この場合、上記したように、同一の受信局で受信される信号光が合波される第１、第２の信号合波部での第１、第２の信号波長について雑音指数を比較し、上流側の信号合波部で雑音指数の低い信号波長が設定されるように、合波する信号光が選択される。また、この設定方法は、第１の信号合波部と第２の

信号合波部との間に、複数の光増幅器のうちの一部の光増幅器が介在しているかどうかにかかわらず、同様に適用することができる。なお、第1の信号合波部と受信局との間の雑音指数とは、第1の信号合波部及び受信局の間に設置されている複数の光増幅器での雑音指数を合わせた雑音指数をいう。

#### 【0014】

ここで、信号合波部としては、光ADM (Add-Drop Multiplexer) を含むことが好ましい。光ADMは、波長選択性に優れた合波デバイスであり、伝送される多波長信号光の信号数が多く波長間隔が狭い場合においても、通過信号光を大きく減衰させることなく信号光を合波させることができる。

#### 【0015】

あるいは、信号合波部は、WDMカプラを含むことが好ましい。WDMカプラは、小型かつ安価で取り扱いが簡便であり、信号光の減衰も低く抑えることができる。

#### 【0016】

また、光増幅器は、Er添加ファイバ増幅器(EDFA)であることを特徴とする。EDFAの持つ雑音指数の波長依存性を平坦化する装置構成を付加せず、その波長依存性を上記した信号波長設定で逆に利用してやることによって、コストを充分低く抑えつつS/N比のばらつきの低減を実現することができる。また、それ以外の光増幅器についても、同様に本光伝送システムを適用することが可能である。

#### 【0017】

また、それぞれの信号合波部において合波される信号光の信号波長を、雑音指数に基づいて自動設定する信号波長設定手段を備えることを特徴とする。各合波部で合波される信号光について、上記した光伝送方法に基づいて操作者が設定または調整することも可能であるが、信号波長設定手段を設けることによって、さらに信号波長の設定が効率化される。

#### 【0018】

#### 【発明の実施の形態】

以下、図面とともに本発明による光伝送システム及び光伝送方法の好適な実施

形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

#### 【 0 0 1 9 】

図 1 は、本発明における光伝送システムの第 1 の実施形態を示す構成図である。この光伝送システムは、所定の波長帯域に含まれた波長の異なる複数の信号光からなる多波長信号光が伝送される波長多重伝送システムであり、光ファイバ線路を用いた光伝送路 1 によって構成されている。この光伝送路 1 上には、伝送される多波長信号光の伝送損失を補うため、光増幅器として E D F A ( E r 添加ファイバ増幅器) 2 が設置されている。

#### 【 0 0 2 0 】

また、この光伝送システムは、それぞれの信号光を信号合波部または信号分岐部において順次合波または分岐しつつ光伝送路 1 で伝送していくマルチドロップシステムである。図 1 に示す光伝送システムにおいては、E D F A 2 の入力端に接続された上流側の光伝送路 1 上に、3 つの合波局 ( 子局) 3 ~ 5 が、E D F A 2 に近い側から合波局 3、合波局 4、合波局 5 の順番で設置されている。

#### 【 0 0 2 1 】

合波局 3 は、送信機 3 0 と信号合波部 3 1 とを有して構成されている。送信機 3 0 は、信号波長  $\lambda 1$  の信号光を出力するように設定されており、この信号波長  $\lambda 1$  の信号光は、信号合波部 3 1 によって光伝送路 1 中の多波長信号光に合波されて、E D F A 2 に向けて伝送される。また、合波局 4、5 も同様に、信号波長  $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$  の信号光を出力するようにそれぞれ設定された送信機 4 0、5 0 と、信号合波部 4 1、5 1 とを有して構成されている。なお、これらの信号波長  $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$  は、それぞれ異なる波長に設定される。

#### 【 0 0 2 2 】

信号合波部 3 1、4 1、5 1 としては、光 A D M ( Add-Drop Multiplexer ) を用いることが好ましい。光 A D M は波長選択性に優れており、多波長信号光の波長間隔が狭くても、通過信号光を大きく減衰させることなく信号光を合波させることができる。あるいは、WDM カプラを用いることが好ましい。WDM カプラ

は安価かつ小型で取り扱いが簡便であり、信号光の減衰も低く抑えられる。

【 0 0 2 3 】

図 2 は、図 1 に示した波長多重光伝送システムにおいて、光増幅器として用いられている EDFA 2 の一例を示す構成図である。

【 0 0 2 4 】

この EDFA 2 は、EDF (Er 添加光ファイバ) 20、励起光源 21、WDM カプラ 22、及び 2 つの光アイソレータ 23、24 から構成されている。EDF 20 は、Er 元素が添加された石英系の光ファイバであり、所定波長の励起光が供給されているときに、所定の光増幅波長帯域に含まれる入力光を光増幅して出力する。

【 0 0 2 5 】

光アイソレータ 23、24 のそれぞれは、光を順方向へ通過させるが、逆方向へは通過させないものである。すなわち、光アイソレータ 23 は、EDFA 2 に入力された信号光を EDF 20 へ通過させるが、逆方向へは光を通過させない。また、光アイソレータ 24 は、EDF 20 からの信号光を EDFA 2 の外部へと出力させるが、逆方向へは光を通過させない。

【 0 0 2 6 】

EDF 20 への励起光は、励起光源 21 によって供給される。励起光源 21 は WDM カプラ 22 を介して光ファイバ線路に接続されている。ここで、WDM カプラ 22 は、励起光源 21 から出力されて到達した励起光を EDF 20 へ向けて通過させるとともに、光アイソレータ 23 から到達した信号光を EDF 20 へ向けて通過させる。これによって、EDFA 2 は前方励起（順方向励起）の構成による光増幅器となっている。

【 0 0 2 7 】

上記したような光伝送システムでは、それぞれの合波局 3、4、5 に対して、信号合波部 31、41、51 から EDFA 2 の入力端までの光伝送路 1 の長さ（伝送距離）がそれぞれ異なる。したがって、各合波部 31、41、51 において合波される信号光のそれぞれで、EDFA 2 に到達するまでの伝送損失の大きさに差異を生じる。すなわち、光伝送路 1 による伝送損失は伝送距離が大きくなる

にしたがって大きくなるので、EDFA 2 に最も近い信号合波部 3 1 で合波される信号波長 $\lambda_1$ の信号光に対する伝送損失は最も小さい。そして、信号合波部 4 1 で合波される信号波長 $\lambda_2$ の信号光、信号合波部 5 1 で合波される信号波長 $\lambda_3$ の信号光の順で伝送損失が増大し、EDFA 2 への入力信号光パワーが小さくなる。

## 【0028】

一方、それらの信号光を増幅する光増幅器である EDFA 2 は、EDFA 2 での光増幅時に生じる雑音光 (N : Noise) の大きさを示す雑音指数 (NF : Noise Figure) に、波長依存性を有している (例えば、特開平 9 - 5 2 1 2 号公報参照)。すなわち、信号光 (S : Signal) の信号波長によって、光増幅後に発生する雑音光パワーが異なってくる。

## 【0029】

以上から、EDFA 2 から出力される増幅光において、入力信号光が光増幅されて得られる出力信号光 S のパワーと、その信号光の信号波長での雑音光 N のパワーとの関係は、信号合波部 3 1、4 1、5 1 からの伝送距離、及び EDFA 2 での雑音指数、の 2 つの要因によって、それぞれ影響を受けることとなる。このとき、多波長信号光に含まれるそれぞれの信号光に対して、増幅光での信号光パワーと雑音光パワーとの比である S/N 比が、信号波長に依存してばらついてしまうという問題を生じる。特に、伝送距離及び雑音指数の組み合わせによっては、増幅光での S/N 比のばらつきが増大し、多波長信号光の伝送特性や、増幅後の受信局による受信特性が著しく劣化されることとなる。

## 【0030】

これに対して、本発明による光伝送システムは、光伝送路上で光増幅器の入力側 (上流側) に設置される複数の信号合波部 (合波局) について、それぞれの信号合波部で合波される波長の異なる信号光を、その信号合波部よりも信号光伝搬方向の下流側にある信号合波部で合波される信号光に対して、雑音指数が低い信号波長に常に設定され、光増幅器から遠くなる (上流側になる) につれて雑音指数が低い信号波長となるように構成されている。

## 【0031】

上記した実施形態の光伝送システムの構成及び光伝送方法について、図 1 を参照しつつ、図 3 に示すグラフを用いて具体的に説明する。ここで、図 3 (a) ~ (c) の各グラフの横軸は、いずれも信号波長  $\lambda$  を示している。

#### 【0032】

図 3 (a) は、EDFA 2 で発生する雑音指数 (NF) の波長依存性の一例を示している。この例では、波長が長くなるにしたがって雑音指数が減少する特性となっている。このような波長依存性に対して、信号合波部 3 1、信号合波部 4 1、信号合波部 5 1 で合波される信号光の信号波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  を、 $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$  を満たすように設定する。なお、信号波長の設定は、例えばそれぞれの合波局 3、4、5 の送信機 3 0、4 0、5 0 において行われる。このとき、EDFA 2 での雑音指数は、図 3 (a) に示すように  $\lambda_1$  の信号光に対して最も高く、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  と順次低くなる。

#### 【0033】

一方、EDFA 2 と各合波部 3 1、4 1、5 1 との位置関係から、それぞれの信号光に対する EDFA 2 に入力されるまでの伝送距離は、図 1 に示されているように  $\lambda_1$  の信号光が最も小さく、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  と順次大きくなる。そのため、各送信機 3 0、4 0、5 0 から出力される信号光パワーが等しいとすると、EDFA 2 の入力端での信号光パワーは、図 3 (b) に示すように、 $\lambda_1$  の信号光が伝送損失が小さいために入力信号光パワーが最も大きく、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  と順次小さくなる。すなわち、入力信号光パワーの大きさ順は、EDFA 2 の雑音指数の高さ順と同じ順序となる。

#### 【0034】

上記した信号波長設定において、EDFA 2 の出力端で得られる増幅光を図 3 (c) に示す。ここで、入力信号光が光増幅されて得られる出力信号光パワーは、上記した入力信号光パワーに対応して、信号合波部 3 1 で合波された信号波長  $\lambda_1$  の信号光による出力信号光 S 1 のパワーが最も大きく、 $\lambda_2$  の出力信号光 S 2、 $\lambda_3$  の出力信号光 S 3 の順で小さくなる。また、雑音光パワーは、上記した雑音指数に対応して、 $\lambda_1$  での雑音光 N 1 のパワーが最も大きく、 $\lambda_2$  の雑音光 N 2、 $\lambda_3$  の雑音光 N 3 の順で小さくなる。



## 【 0 0 3 5 】

以上より、上記した光伝送システムによれば、出力信号光  $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$  のパワー、及び雑音光  $N1$ 、 $N2$ 、 $N3$  のパワーの大きさ順が同一の順序で変化するように、それぞれの合波局 3、4、5 で合波される信号光の信号波長  $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$  が設定されている。これによって、光増幅器である EDFA2 の出力として得られる増幅光において、各信号波長での  $S/N$  比である  $S1/N1$ 、 $S2/N2$ 、 $S3/N3$  のばらつきが低減されて、光伝送システムにおける多波長信号光の伝送特性が向上される。図 3 (c) に示した例では、それぞれの信号波長における  $S/N$  比がほぼ同等な増幅光となっており、この場合、特に安定した伝送特性、及び増幅後の受信局による受信特性が得られる。

## 【 0 0 3 6 】

図 4 は、本発明における光伝送システムの第 2 の実施形態を示す構成図である。この光伝送システムは、図 1 に示した光伝送システムと同様にマルチドロップの波長多重伝送システムであり、光ファイバ線路を用いた光伝送路 1 によって構成されている。また、光伝送路 1 上には、2 つの光増幅器として第 1、第 2 EDFA2 a、2 b が、EDFA2 a を信号光伝搬方向の下流側として設置されている。

## 【 0 0 3 7 】

また、EDFA2 a よりも上流側の光伝送路 1 上に、3 つの合波局（子局）3 ~ 5 が、EDFA2 a に近い側（下流側）から合波局 3、4、5 の順番で設置されている。そして、合波局 3 ~ 5 は、合波局 3 及び 4 が EDFA2 a と EDFA2 b との間に、また、合波局 5 が EDFA2 b よりも上流側にそれぞれ配置されている。これらの合波局 3 ~ 5 では、それぞれ異なる波長となる信号波長  $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$  の信号光がそれぞれ合波される。

## 【 0 0 3 8 】

EDFA2 a の下流側には、信号光を受信するための受信局 11 が設置されている。本実施形態においては、合波局 3 ~ 5 で合波された信号光は、いずれも同一の受信局 11 で受信される。なお、各合波局 3 ~ 5 は、図 1 に示した光伝送システムの場合と同様にそれぞれ送信機及び信号合波部を有して構成されているが

、図4においては、それらの合波局の構成については図示を省略している。

【0039】

上記した実施形態の光伝送システムの構成及び光伝送方法について、図4を参照しつつ、図5に示すグラフを用いて具体的に説明する。ここで、図5（a）～（c）の各グラフの横軸は、いずれも信号波長 $\lambda$ を示している。

【0040】

図5（a）～（c）はそれぞれ、（a）第1EDFA2aの雑音指数の波長依存性、（b）第2EDFA2bの雑音指数の波長依存性、及び（c）第1EDFA2aと第2EDFA2bとを合わせた雑音指数の波長依存性を示している。なお、EDFA2aとEDFA2bとを合わせた雑音指数については、図5（c）に示すようにEDFA2a及びEDFA2bの雑音指数の単純和ではないことに注意が必要である。

【0041】

ここで、簡単のため、各合波局3～5で合波される信号光の信号波長が、図5の各グラフに示されている5つの信号波長から選択可能であるとし、また、上流側の合波局から信号波長を選択（割り当て）していくものとする。

【0042】

EDFA2aまたは2bにおける雑音指数の波長依存性は、図5（a）または（b）に示すように、それぞれ波長が長くなるにしたがって雑音指数が減少または増加する特性となっている。また、EDFA2a及び2bを合わせた雑音指数の波長依存性は、図5（c）に示すように、信号帯域内の所定波長で極小となる特性となっている。これらの雑音指数の波長依存性に基づき、各合波局（第1の信号合波部）で合波される信号光の信号波長（第1の信号波長）を、下流側にある他の合波局（第2の信号合波部）で合波される信号光の信号波長（第2の信号波長）よりも、その合波局（第1の信号合波部）と受信局との間の雑音指数が低くなるように設定することによって、信号光のS/N比のばらつきの低減を実現する。

【0043】

まず、合波局5においては、合波局5から受信局11までの間に設置されてい

る光増幅器は、第1、第2 EDFA 2 a、2 b の2つである。したがって、合波局5で合波する信号光の信号波長 $\lambda_3$ は、図5 (c) に示すEDFA 2 a、2 b を合わせた雑音指数に基づいて設定される。この波長依存性においては、合波可能な5つの信号波長のうち、短波長側から2番目の信号波長における雑音指数が最も小さく、この信号波長が信号波長 $\lambda_3$ として選択される。このとき、この信号波長 $\lambda_3$ は、合波部5よりも下流側の合波部4、3でそれぞれ合波される信号波長 $\lambda_2$ 、 $\lambda_1$ のいずれよりも、合波局5と受信局11との間の雑音指数が低くなるように設定されている。

## 【0044】

次に、合波局4、3においては、合波局4、3から受信局11までの間に設置されている光増幅器は、第1 EDFA 2 a の1つのみである。したがって、合波局4、3において合波する信号光の信号波長 $\lambda_2$ 、 $\lambda_1$ は、図5 (a) に示すEDFA 2 a の雑音指数に基づいて設定される。合波局4においては、既に上流側で選択されている信号波長 $\lambda_3$ を除く合波可能な4つの信号波長のうち、長波長側の信号波長における雑音指数が最も小さく、この信号波長が信号波長 $\lambda_2$ として選択される。また、合波局3においては、信号波長 $\lambda_3$ 、 $\lambda_2$ を除く合波可能な3つの信号波長のうち、長波長側から2番目の信号波長における雑音指数が最も小さく、この信号波長が信号波長 $\lambda_1$ として選択される。

## 【0045】

以上のように、各合波局3～5で合波される信号波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ を、合波局と受信局11との間の雑音指数の波長依存性に基づいて割り当てることによって、受信局11で受信される各信号光間でのS/N比のばらつきを低減することが可能となる。なお、上述のように、各合波局で合波する信号光の信号波長は、選択可能な信号波長のうちで、それよりも上流側の合波局で合波されていないものから割り当てられる。

## 【0046】

図6は、本発明における光伝送システムの第3の実施形態を示す構成図である。この光伝送システムの光伝送路1上には、3つの光増幅器として第1～第3 EDFA 2 a～2 c が、信号光伝搬方向の下流側からEDFA 2 a、2 b、2 c の

順番で設置されている。

【0047】

また、EDFA2aよりも上流側の光伝送路1上に、4つの合波局（子局）3～6が、EDFA2aに近い側（下流側）から合波局3、4、5、6の順番で設置されている。そして、合波局3～6は、合波局3がEDFA2aとEDFA2bとの間に、合波局4及び合波局5がEDFA2bとEDFA2cとの間に、また、合波局6がEDFA2cよりも上流側にそれぞれ配置されている。これらの合波局3～6では、それぞれ異なる波長となる信号波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ の信号光がそれぞれ合波される。

【0048】

EDFA2aの下流側には、第1受信局11が設置されている。また、合波局3とEDFA2bとの間の光伝送路1上には、信号分岐部13が設けられており、光伝送路1から信号分岐部13で分岐された光伝送路上には、第2受信局12が設置されている。本実施形態においては、合波局3、5で合波された信号波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_3$ の信号光は第1受信局11で、また、合波局4、6で合波された信号波長 $\lambda_2$ 、 $\lambda_4$ の信号光は第2受信局12でそれぞれ受信される。

【0049】

上記した実施形態の光伝送システムの構成及び光伝送方法について、図6を参照しつつ、図7に示すグラフを用いて具体的に説明する。ここで、図7（a）～（d）の各グラフの横軸は、いずれも信号波長 $\lambda$ を示している。

【0050】

ここで、簡単のため、各合波局3～6で合波される信号光の信号波長が、図5に示した例と同様に、5つの信号波長から選択可能であるとし、また、上流側の合波局から信号波長を選択（割り当て）していくものとする。

【0051】

本実施形態においても、合波する信号光の信号波長の設定方法は、基本的に第2の実施形態における設定方法と同様であり、それぞれでの雑音指数の波長依存性に基づき、各合波局で合波される信号光の信号波長を、下流側にある他の合波局で合波される信号光の信号波長よりも、その合波局と受信局との間の雑音指数

が低くなるように設定する。

【 0 0 5 2 】

まず、合波局 6 においては、合波局 6 から第 2 受信局 1 2 までの間に設置されている光増幅器は、第 2、第 3 E D F A 2 b、2 c の 2 つである。したがって、合波局 6 で合波する信号光の信号波長  $\lambda_4$  は、図 7 ( a ) に示す E D F A 2 b、2 c を合わせた雑音指数に基づいて設定される。そして、合波可能な 5 つの信号波長のうち、最も雑音指数が小さい長波長側の信号波長が、信号波長  $\lambda_4$  として選択される。

【 0 0 5 3 】

次に、合波局 5 においては、合波局 5 から第 1 受信局 1 1 までの間に設置されている光増幅器は、第 1、第 2 E D F A 2 a、2 b の 2 つである。したがって、合波局 5 で合波する信号光の信号波長  $\lambda_3$  は、図 7 ( b ) に示す E D F A 2 a、2 b を合わせた雑音指数に基づいて設定される。そして、信号波長  $\lambda_4$  を除く合波可能な 4 つの信号波長のうち、最も雑音指数が小さい長波長側から 2 番目の信号波長が、信号波長  $\lambda_3$  として選択される。

【 0 0 5 4 】

次に、合波局 4 においては、合波局 4 から第 2 受信局 1 2 までの間に設置されている光増幅器は、第 2 E D F A 2 b の 1 つのみである。したがって、合波局 4 で合波する信号光の信号波長  $\lambda_2$  は、図 7 ( c ) に示す E D F A 2 b の雑音指数に基づいて設定される。そして、信号波長  $\lambda_4$ 、 $\lambda_3$  を除く合波可能な 3 つの信号波長のうち、最も雑音指数が小さい中心の信号波長が、信号波長  $\lambda_2$  として選択される。

【 0 0 5 5 】

次に、合波局 3 においては、合波局 3 から第 1 受信局 1 1 までの間に設置されている光増幅器は、第 1 E D F A 2 a の 1 つのみである。したがって、合波局 3 で合波する信号光の信号波長  $\lambda_1$  は、図 7 ( d ) に示す E D F A 2 a の雑音指数に基づいて設定される。そして、信号波長  $\lambda_4$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_2$  を除く合波可能な 2 つの信号波長のうち、最も雑音指数が小さい短波長側の信号波長が、信号波長  $\lambda_1$  として選択される。

## 【 0 0 5 6 】

以上のように、各合波局 3～6 で合波される信号波長  $\lambda_1 \sim \lambda_4$  を、合波局と受信局 1 1、1 2 との間の雑音指数の波長依存性に基づいて割り当てることによって、受信局 1 1、1 2 で受信される各信号光間での  $S/N$  比のばらつきをそれぞれ低減することが可能となる。すなわち、図 7 (b)、(d) に示すように合波局 5、3 で合波される信号光の信号波長  $\lambda_3$ 、 $\lambda_1$  を設定することによって、第 1 受信局 1 1 で受信される信号光での  $S/N$  比のばらつきが低減される。また、図 7 (a)、(c) に示すように合波局 6、4 で合波される信号光の信号波長  $\lambda_4$ 、 $\lambda_2$  を設定することによって、第 2 受信局 1 2 で受信される信号光での  $S/N$  比のばらつきが低減される。

## 【 0 0 5 7 】

なお、上記した信号波長の設定方法は、それぞれの受信局で受信される信号光相互間での  $S/N$  比のばらつきを低減するものである。したがって、本実施形態のように複数の受信局がある場合には、雑音指数の波長依存性に基づく信号波長の選択条件は、同一の受信局で受信される信号光の信号波長同士（上記の例では、信号波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_3$ 、または信号波長  $\lambda_2$  と  $\lambda_4$ ）について少なくとも満たされていれば良い。

## 【 0 0 5 8 】

本発明による光伝送システム及び光伝送方法は、上記した各実施形態に限られるものではなく、様々な構成の変形や設定の変更等が可能である。各合波局で合波される信号光の信号波長については、例えば図 3 に示した例では、図 3 (a) に示した雑音指数の波長依存性に対応して  $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$  として設定したが、雑音指数の波長依存性が異なれば、それぞれの波長依存性に対応してこれらの信号波長を設定する必要がある。また、信号合波部については、光 ADM、WDM カプラ以外の合波デバイスを適用しても良い。さらに、増幅光の  $S/N$  比の微調整として、各送信機からの送信信号光パワーを一定範囲で制御して調整しても良い。

## 【 0 0 5 9 】

また、図 1、図 4 及び図 6 に示した光伝送システムでは、光増幅器として ED

F A 2 を用いている。E D F A は、その構成によって雑音指数が波長依存性を有する光増幅器であるが、合波される信号光の信号波長を上記のように設定することによって、雑音指数を平坦化することなく逆にその波長依存特性を利用し、コストを十分に低く抑えつつ S / N 比のばらつきを低減させて、多波長信号光の伝送特性を向上させることが可能となる。光増幅器については、E D F A 以外の光増幅器を用いても良い。そのような光増幅器としては、例えば、P r、N d などの希土類元素添加光ファイバを用いた光増幅器や、半導体光増幅器などが挙げられる。

#### 【 0 0 6 0 】

また、各合波局（信号合波部）において合波される信号光の信号波長設定については、上記した選択条件によって操作者が設定または調整することが可能であるが、それぞれの信号合波部に対して信号波長設定手段を設置しても良い。この信号波長設定手段において、雑音指数や選択可能な信号波長などの情報から、それぞれの合波局で合波される信号波長を自動設定する構成とすることによって、信号波長の選択がより効率的に実現される。

#### 【 0 0 6 1 】

##### 【発明の効果】

本発明による光伝送システム及び光伝送方法は、以上詳細に説明したように、次のような効果を得る。すなわち、光伝送路上に設けられた単一または複数の光増幅器に対して、その入力側（上流側）に設置された信号合波部からそれぞれ信号波長の異なる信号光が合波される光伝送システムにおいて、それぞれの信号合波部で合波される信号光を、その信号合波部よりも信号光伝搬方向の下流側にある信号合波部で合波される信号光に対して、光増幅器の雑音指数が低い信号波長に常に設定する。

#### 【 0 0 6 2 】

これによって、光増幅器からの出力として得られる増幅光、または光増幅器の下流側に設置された受信局で受信される受信光において、それぞれの信号波長の信号光間での S / N 比（出力信号光パワー／雑音光パワー）のばらつきが低減される光伝送システム及び光伝送方法が得られる。このようなシステム及び方法に

よれば、光増幅器に雑音指数を平坦化させるための装置構成を付加するなど、システム構成を複雑化することなく、その雑音指数の波長依存性を逆に利用してS/N比のばらつきを低減させている。したがって、システムを低コストに抑えたままで、多波長信号光の伝送特性の向上を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

光伝送システムの第 1 の実施形態を示す構成図である。

【図 2】

光増幅器である E r 添加ファイバ増幅器の一例を示す構成図である。

【図 3】

図 1 に示した光伝送システムにおける光伝送方法について示すグラフである。

【図 4】

光伝送システムの第 2 の実施形態を示す構成図である。

【図 5】

図 4 に示した光伝送システムにおける光伝送方法について示すグラフである。

【図 6】

光伝送システムの第 3 の実施形態を示す構成図である。

【図 7】

図 6 に示した光伝送システムにおける光伝送方法について示すグラフである。

【符号の説明】

1 … 光伝送路、1 1、1 2 … 受信局、1 3 … 信号分岐部

2、2 a ~ 2 c … E r 添加ファイバ増幅器 (E D F A)、2 0 … E r 添加光ファイバ (E D F)、2 1 … 励起光源、2 2 … WDM カプラ、2 3、2 4 … 光アイソレータ、

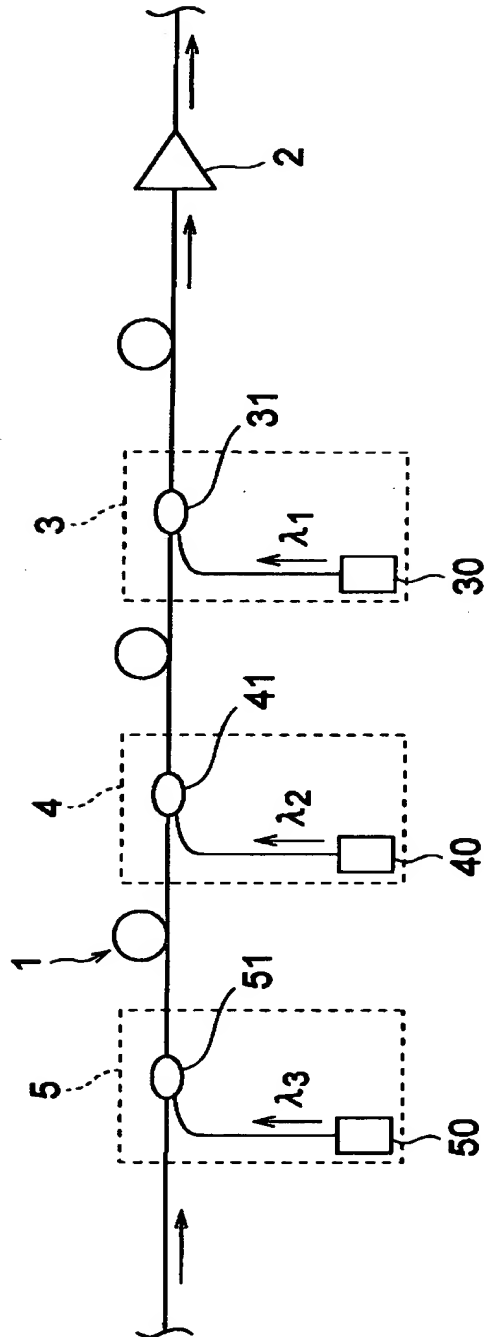
3、4、5、6 … 合波局、3 0、4 0、5 0 … 送信機、3 1、4 1、5 1 … 信号合波部。



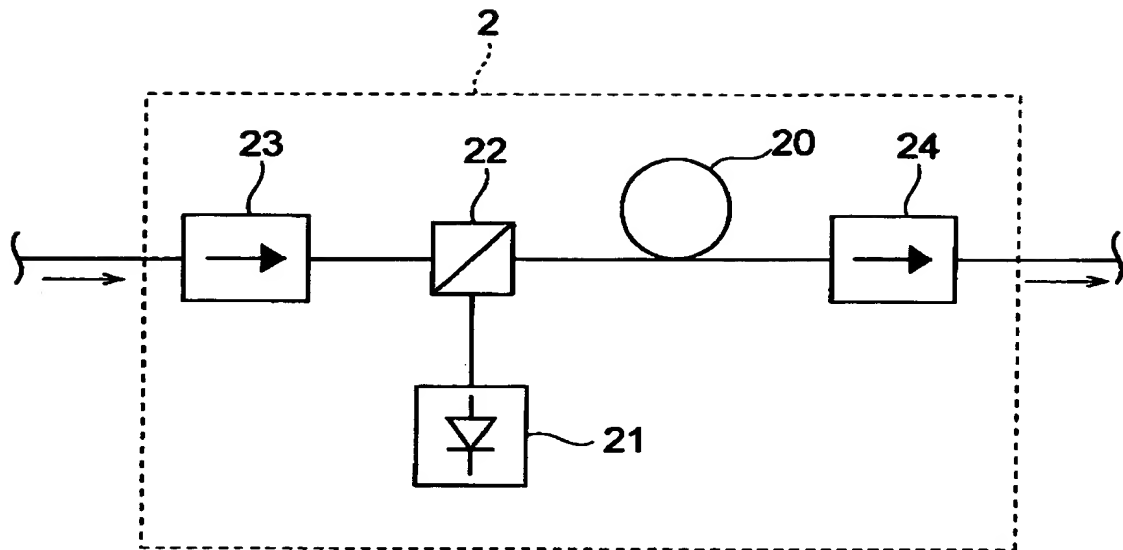
【書類名】

図面

【図 1】

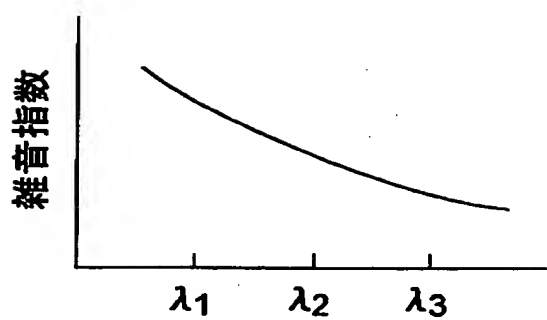


【図 2】

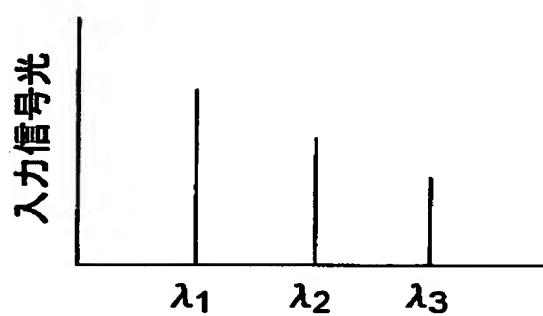


【図3】

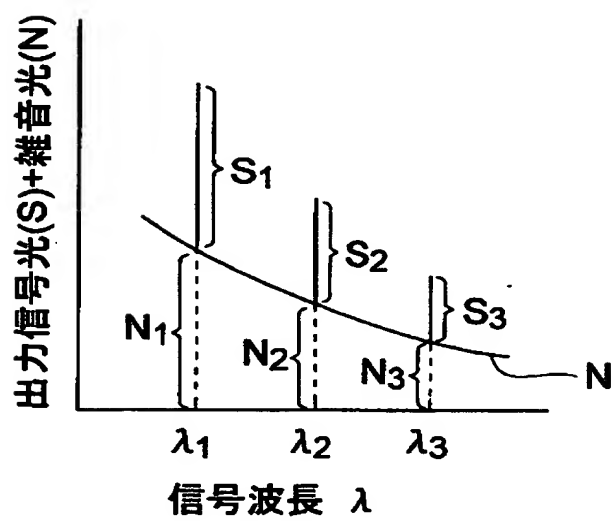
(a)



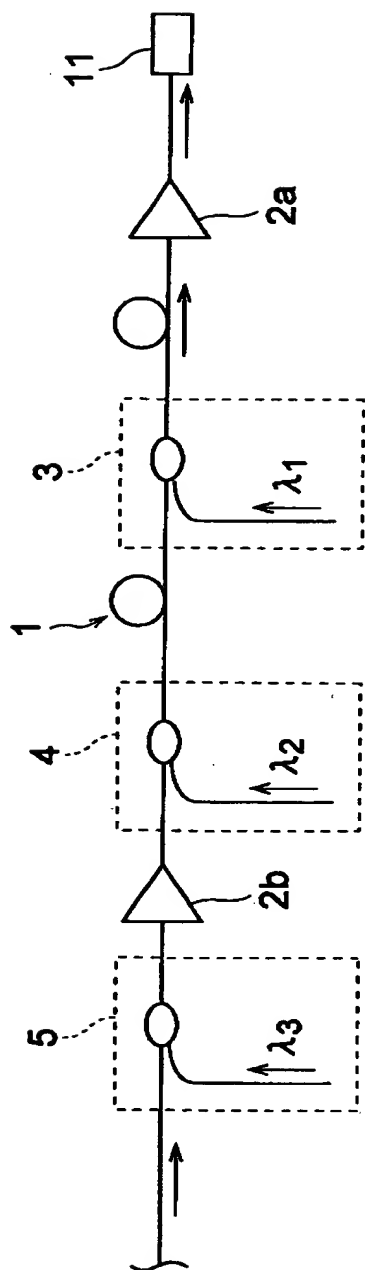
(b)



(c)

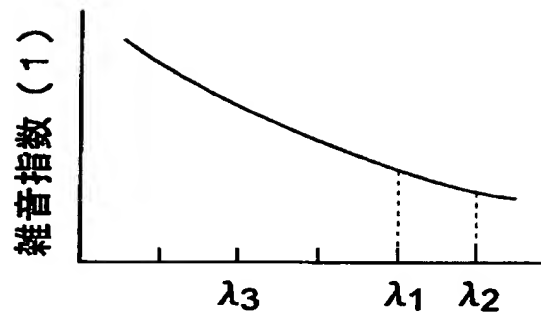


【図4】

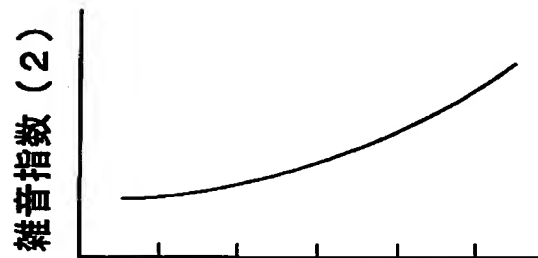


【図5】

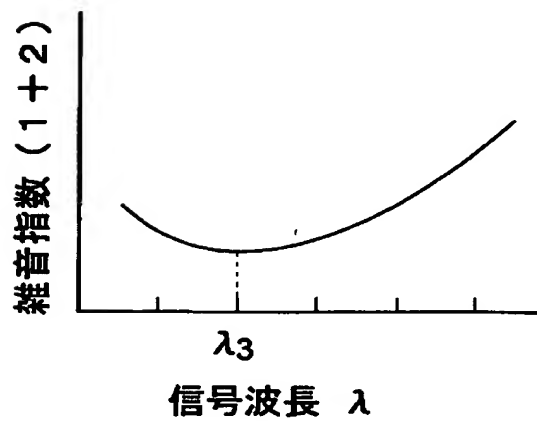
(a)



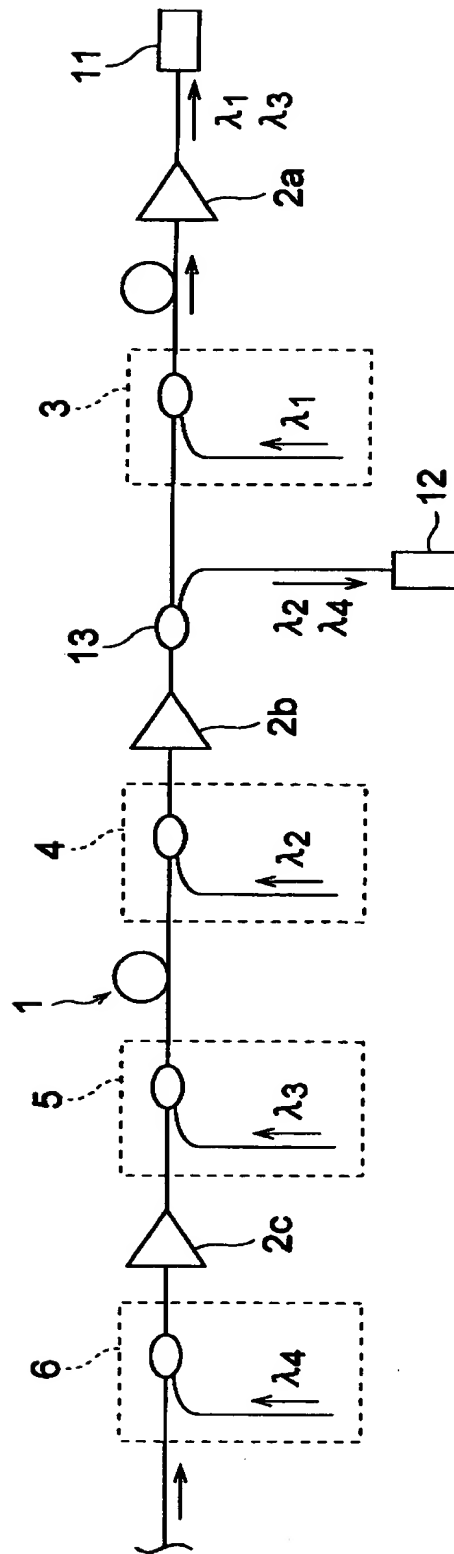
(b)



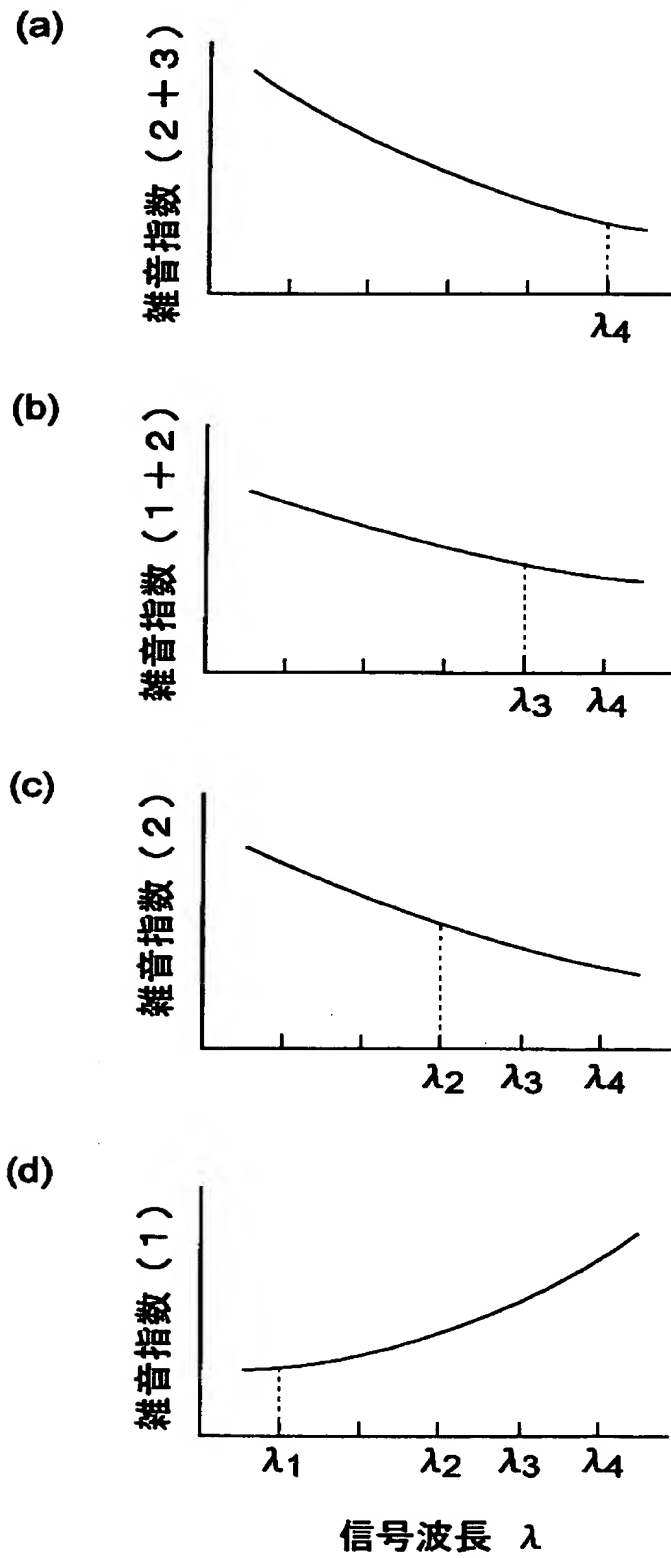
(c)



【図6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光伝送路上の光増幅器で増幅された多波長信号光の信号光間でのS/N比のばらつきが低減される光伝送システム及び光伝送方法を提供する。

【解決手段】 光伝送路1上のEDFA2の入力端側に設置された合波局3、4、5の信号合波部31、41、51で合波される信号光の信号波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ について、波長依存性を有するEDFA2の雑音指数の高さが、EDFA2の入力端に近い信号合波部31で合波される信号波長 $\lambda 1$ から、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ と順次低くなっていくように各信号波長を設定する。このとき、各信号合波部31、41、51からEDFA2までの伝送距離による信号光の伝送損失、及びEDFA2の雑音指数の変化が同じ大きさ順となり、得られる増幅光でのS/N比のばらつきが低減される。

【選択図】 図1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
氏 名 住友電気工業株式会社